

GUÍA DOCENTE DE

SENSORES NAVALES

Grado en Ingeniería Mecánica

Curso 2024-2025

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA

EN LA ESCUELA NAVAL MILITAR





1. DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

Denominación	Sensores Navales
Titulación	Grado en Ingeniería Mecánica
Curso y cuatrimestre	Quinto curso (primer cuatrimestre)
Carácter	Optativo Intensificación en Tecnología Naval
Duración ECTS (créditos)	6 créditos ECTS



2. DATOS GENERALES DEL PROFESORADO

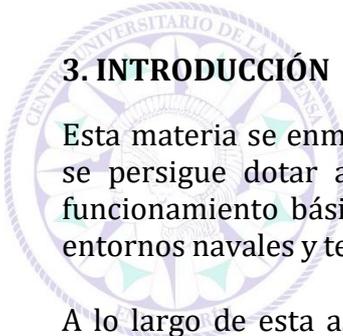
Profesor responsable de la asignatura	José María Núñez Ortuño
Despacho ¹	205 Campus Remoto – Sala 1781 https://campusremotouvigo.gal/public/657981898
Correo electrónico	jnunez@cud.uvigo.es
Teléfono	986 80 4937

Profesor	Rubén Nocelo López
Despacho ¹	212 Campus Remoto – Sala 2912 https://campusremotouvigo.gal/public/743341025
Correo electrónico	rubennocelo@cud.uvigo.es
Teléfono	986 80 4906

Profesor	José Pablo González Coma
Despacho ¹	107 (Campus Remoto – Sala 2781) https://campusremotouvigo.gal/public/146937897
Correo electrónico	jose.gcoma@cud.uvigo.es
Teléfono	986 80 4973

Dirección mensajería	Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar Plaza de España, s/n 36920 Marín
----------------------	---

¹ El alumno deberá solicitar la clave de acceso del despacho virtual al profesor correspondiente. Todos los despachos virtuales se encuentran disponibles en el siguiente enlace:
<https://campusremotouvigo.gal/faculty/993>



3. INTRODUCCIÓN

Esta materia se enmarca dentro del módulo de Intensificación en Tecnología Naval, y en ella se persigue dotar al alumnado de una formación, tanto teórica como práctica, sobre el funcionamiento básico de los sistemas radar y los sensores optoelectrónicos y acústicos en entornos navales y terrestres.

A lo largo de esta asignatura, el alumno se familiarizará con el concepto de sensor naval y conocerá los sensores más habituales en su entorno operativo. Las nociones básicas de todo sistema de teledetección se proporcionarán de forma que el alumno perciba el carácter inherentemente multidisciplinar de esta materia, en la que se aplican múltiples conocimientos adquiridos a lo largo de diferentes asignaturas previas del Grado como Sistemas de Radiocomunicaciones, Tecnología Electrónica, Fundamentos de Automática, Fundamentos de Electrotecnia o Física II (campos electromagnéticos).

Se hará especial hincapié en los sensores radar, tanto de onda continua como pulsados, se revisarán los parámetros que limitan el alcance de un radar, el concepto de probabilidad de detección y de falsa alarma, de sección radar, de *clutter*, etc. Se estudiarán las distintas técnicas de procesado de señal habituales en estos sistemas, muchas de ellas igualmente extrapolables a otros sistemas de teledetección (como sonar), incidiendo así en el carácter multidisciplinar de la asignatura.

Asimismo, el alumno comprenderá la caracterización acústica del medio submarino con su problemática asociada en términos de propagación, ruido y reverberación. Estudiará la composición y caracterización de los sistemas sonar activos y pasivos y los transductores acústicos que se emplean, así como las agrupaciones de estos.

Por último, el alumno conocerá el espectro óptico y la clasificación de las distintas fuentes de emisión de luz (tanto visible como no visible), entenderá el funcionamiento de los distintos tipos de sensores optoelectrónicos y sus características más importantes.



4. RESULTADOS DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE

4.1 COMPETENCIAS BÁSICAS (RESULTADOS DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE)

Las competencias básicas no serán tratadas de forma específica por ningún módulo, materia o asignatura, sino que serán el resultado del conjunto del grado. En cualquier caso, tal y como se indica en la memoria de verificación de la titulación, la adquisición de las competencias generales, descritas por la Orden Ministerial CIN/351/2009, garantiza la adquisición de las competencias básicas (enumeradas a continuación), así como la consecución de los resultados de aprendizaje de acuerdo a lo establecido en el RD 822/2021.

CB1 (A1) Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2 (A2) Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.

CB3 (A3) Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CB4 (A4) Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB5 (A5) Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

4.2 COMPETENCIAS GENERALES (CONOCIMIENTOS)

Son competencias generales de esta asignatura:

CG3 (B3) Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.



4.3 COMPETENCIAS ESPECÍFICAS (HABILIDADES)

La competencia específica de la intensificación a la que contribuye esta asignatura es:

CITN5/OPT1 (C30) Conocer los principios que rigen el funcionamiento de los sistemas de comunicaciones y sensores navales.

4.4 COMPETENCIAS TRANSVERSALES (COMPETENCIAS)

Son competencias transversales de esta asignatura:

CT1 (D1) Análisis y síntesis.

CT2 (D2) Resolución de problemas.

CT5 (D5) Gestión de la Información.

CT8 (D8) Toma de decisiones.

CT9 (D9) Aplicar conocimientos.

CT10 (D10) Aprendizaje y trabajo autónomos.

CT16 (D16) Razonamiento crítico.



5. RESULTADOS PREVISTOS DE LA MATERIA

Se muestran a continuación los resultados previstos de esta asignatura vinculados a las respectivas competencias.

RESULTADOS PREVISTOS DE LA MATERIA	COMPETENCIAS VINCULADAS
Conocer la base tecnológica sobre la que se apoyan los sensores navales.	CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30), CT1 (D1), CT5 (D5), CT10 (D10)
Comprender el funcionamiento básico de los sensores navales.	CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30), CT1 (D1), CT2 (D2), CT8 (D8), CT9 (D9), CT10 (D10), CT16 (D16)

En la siguiente tabla podemos ver el nivel de desarrollo con el que se contribuye a lograr cada uno de aquellos sub-resultados de aprendizaje establecidos por ENAEE (*European Network for Accreditation of Engineering Education*) trabajados en la materia, así como las competencias asociadas a dicho sub-resultado y tratadas en la asignatura.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE	SUB-RESULTADOS DE APRENDIZAJE	Nivel de desarrollo de cada sub-resultado (Básico (1), Adecuado (2) y Avanzado (3))	COMPETENCIAS ASOCIADAS
1. Conocimiento y comprensión	1.2 Conocimiento y comprensión de las disciplinas de ingeniería propias de su especialidad, en el nivel necesario para adquirir el resto de competencias del título, incluyendo nociones de los últimos adelantos.	Adecuado (2)	CG3 (B3)
	1.3 Ser conscientes del contexto multidisciplinar de la ingeniería.	Adecuado (2)	CITN5/OPT1 (C30)



2. Análisis en ingeniería	<p>2.2 La capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en su especialidad; elegir y aplicar de forma adecuada métodos analíticos, de cálculo y experimentales ya establecidos; reconocer la importancia de las restricciones sociales, de salud y seguridad, ambientales, económicas e industriales.</p>	Adecuado (2)	CT1 (D1), CT2 (D2), CT8 (D8), CT9 (D9), CT16 (D16)
5. Aplicación práctica de la ingeniería	<p>5.1 Comprensión de las técnicas aplicables y métodos de análisis, proyecto e investigación y sus limitaciones en el ámbito de su especialidad.</p>	Adecuado (2)	CT9 (D9)
	<p>5.3 Conocimiento de aplicación de materiales, equipos y herramientas, tecnología y procesos de ingeniería y sus limitaciones en el ámbito de su especialidad.</p>	Adecuado (2)	CITN5/OPT1 (C30), CT8 (D8), CT9 (D9)
8. Formación continua	<p>8.1 Capacidad de reconocer la necesidad de la formación continua propia y de emprender esta actividad a lo largo de su vida profesional de forma independiente.</p>	Básico (1)	CT8 (D8), CT10 (D10)



6. CONTENIDOS

6.1 Programación: créditos teóricos

Teniendo en cuenta las circunstancias y necesidades específicas del Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar, la carga de la asignatura se distribuye a lo largo de 13 o 14 semanas lectivas, dependiendo del curso académico. Para abordar los contenidos teóricos de la misma, se han programado clases teóricas (expositivas y de problemas) de dos o tres horas de duración a la semana y sesiones de laboratorio de 2 horas en semanas alternas.

Los créditos teóricos se dividen en dos bloques fundamentales: sensores radar y sensores sonar/optoelectrónicos. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los temas en el programa propuesto. En cada tema se incluye, además de su duración mínima y su ubicación aproximada, sus objetivos, una breve descripción de su desarrollo, así como un índice detallado de contenidos.

Tema 1. Introducción a los sensores navales

Ubicación y duración: Semana 1 [2 horas]

Objetivos y desarrollo:

Definir, de forma gráfica e intuitiva, los conceptos fundamentales de cualquier sistema de teledetección, haciendo hincapié en los sistemas radar en las definiciones que así lo precisen. Introducir los conceptos básicos necesarios sobre los que se cimentará la asignatura y repasar las nociones previas de electrónica, propagación y campos electromagnéticos cuando sea necesario, resaltando el carácter multidisciplinar de todo sistema de teledetección.

Índice del tema

- 1.1 Introducción. Conceptos básicos de sensores navales.
- 1.2 Sensores y perturbadores
- 1.3 Definición y clasificación de los sensores
- 1.4 Características técnicas y operativas de un sensor
- 1.5 Sensores electromagnéticos
 - 1.1.2. Sensores magnéticos
 - 1.1.3. Sensores de microondas/RF
 - 1.1.4. Sensores en bandas milimétricas
 - 1.1.5. Sensores optoelectrónicos
 - 1.1.6. Complementariedad de sensores
- 1.6 Sensores acústicos
- 1.7 Sensores inerciales

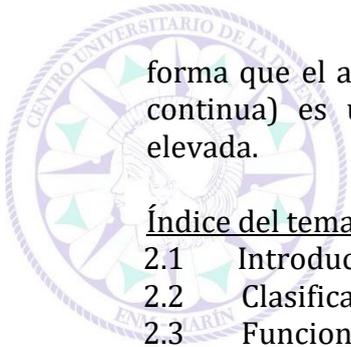
Tema 2. Radares pulsados

Ubicación y duración: Semanas 2-3-4 [5 horas]

Objetivos y desarrollo:

Entender el funcionamiento básico de un radar pulsado, los componentes que lo forman y los problemas asociados a la detección de blancos en este tipo de sistemas.

Se repasarán conceptos vistos en asignaturas previas del Grado, como atenuación, teoría de antenas y diagramas de radiación, filtrado, circuitos de acondicionamiento de señal, potencia y energía, sensibilidad de un sistema de teledetección, ruido de fondo, interferencias, *jamming*, procesado de señal, incluso ingeniería de materiales, construcción naval, etc., de



forma que el alumno comprenda que cualquier sistema de teledetección (pulsado o de onda continua) es un dispositivo complejo que cuenta con una componente multidisciplinar elevada.

Índice del tema

- 2.1 Introducción al radar
- 2.2 Clasificación de los sistemas radar
- 2.3 Funcionamiento de un radar pulsado
- 2.4 Distancia al blanco
- 2.5 Distancia mínima de detección
- 2.6 Periodo de repetición de pulsos
- 2.7 Ambigüedad en distancia
- 2.8 Distancia máxima al horizonte
- 2.9 Resolución en distancia
- 2.10 Resolución angular
- 2.11 Tiempo de observación
- 2.12 Ciclo de trabajo, potencia y energía
- 2.13 Sección Radar (RCS)
- 2.14 Ecuación radar simplificada
- 2.15 Alcance máximo de un radar pulsado
- 2.16 Procesado básico radar
- 2.17 Diagrama de bloques de un radar pulsado
- 2.18 Fuentes de ruido de un sistema radar
- 2.19 Relación señal a ruido y probabilidad de detección
- 2.20 Integración de pulsos
- 2.21 Ecuación radar completa
- 2.22 Fluctuación de blancos
- 2.23 Velocidad máxima no ambigua

Tema 3. Radares de onda continua

Ubicación y duración: Semanas 4-5 [2 horas]

Objetivos y desarrollo:

Definir el funcionamiento de un radar de onda continua y comprender sus ventajas y limitaciones, así como sus ámbitos principales de uso.

De la misma forma que en el tema anterior (radares pulsados), el alumno debe comprender la naturaleza multidisciplinar de un sistema de teledetección complejo de estas características, donde para su correcta comprensión hacen falta nociones de radiocomunicaciones (antenas, propagación, ...), electrónica (filtrado, acondicionamiento de señal, detección de señal, ...) y física (efecto Doppler, campos electromagnéticos, ...).

Índice del tema

- 3.1 Introducción:
 - 3.1.1 Efecto Doppler.
 - 3.1.2 Diferencias fundamentales entre un radar pulsado y un radar de onda continua.
- 3.2 Radares de onda continua y frecuencia modulada.
 - 3.2.1 Con modulación en diente de sierra (CHIRP).
 - 3.2.2 Con modulación triangular.
- 3.3 Ecuación de alcance radar para sistemas de onda continua.
- 3.4 Ventajas y limitaciones de los radares de onda continua.



Tema 4. Procesado de señal

Ubicación y duración: Semanas 5-7 [6 horas]

Objetivos y desarrollo:

Introducir los conceptos fundamentales de las técnicas de procesado de señal en un sistema radar: compresión de pulsos, sistemas MTI y su utilización para supresión de diferentes tipos de *clutter*, etc. Se hará especial hincapié en los sistemas radar señalando en todo momento que este tipo de técnicas son aplicables a diferentes métodos de teledetección (sonar, lidar, ...).

Índice del tema

- 4.1 Concepto de clutter
- 4.2 Procesado MTI
- 4.3 Cancelación en tiempo
- 4.4 Cancelación en frecuencia
- 4.5 Velocidad ciega
- 4.6 Calidad del procesado MTI
- 4.7 Procesado CFAR
- 4.8 Filtros STC y FTC
- 4.9 Técnicas de compresión de pulsos
 - 4.9.1 Generación de forma de onda
 - 4.9.2 Compresión con pulso LFM
 - 4.9.3 Códigos Barker
 - 4.9.4 Códigos Fran
 - 4.9.5 Códigos Costas

Tema 5. Sensores optoelectrónicos

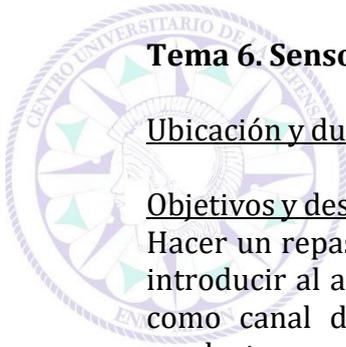
Ubicación y duración: Semana 8 [2 horas]

Objetivos y desarrollo:

Conocer el espectro óptico y los distintos tipos de fuentes emisoras, ampliando los conocimientos previos adquiridos en el Grado (en materias como Tecnología Electrónica) hasta el nivel necesario para comprender estos dispositivos. Con ello se pretende, de nuevo, que el alumno tome conciencia del carácter multidisciplinar de todo sistema de teledetección. Entender el funcionamiento de los distintos tipos de sensores optoelectrónicos y sus características más importantes.

Índice del tema

- 5.1 Espectro óptico.
- 5.2 Sensores IR medio (térmicos).
- 5.3 Sensores IR cercano (visión nocturna, comunicaciones IR).
- 5.4 Sensores en otras bandas del espectro óptico (UV, visible, ...)
- 5.5 Emisores optoelectrónicos: Láser vs. LED.
- 5.6 Sensores optoelectrónicos: Fotodetectores.
- 5.7 Otros sensores y aplicaciones: telémetros láser, luxómetros, LIDAR, etc.



Tema 6. Sensores acústicos y sistemas sonar

Ubicación y duración: Semanas 9-11 [7 horas]

Objetivos y desarrollo:

Hacer un repaso de la física de la propagación de las ondas mecánicas en líquidos y sólidos, e introducir al alumno a la piezoelectricidad. Caracterización matemática del medio submarino como canal de propagación y de fenómenos tales como la atenuación, propagación en conductos, y zonas de convergencia. Estudio de la composición y características de los sistemas sonar, así como de sus limitaciones. Se persigue que el alumno relacione estos conceptos con los vistos en temas anteriores y en materias previas del grado, conceptos como: propagación de ondas, sensores y actuadores, acondicionamiento y procesado de señal, etc.

Índice del tema

- 6.1 Introducción y motivación.
- 6.2 Parámetros acústicos
- 6.3 Target Strength
- 6.4 Ecuación del sonar activo
- 6.5 Propagación acústica submarina.
- 6.6 Ruido y cavitación.
- 6.7 Ecuación del sonar pasivo
- 6.8 Sistemas sonar activos y pasivos.

Tema 7. Sistemas de propósito específico

Ubicación y duración: Semanas 13-14 [4 horas]

Objetivos y desarrollo:

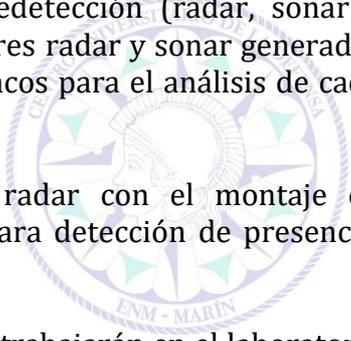
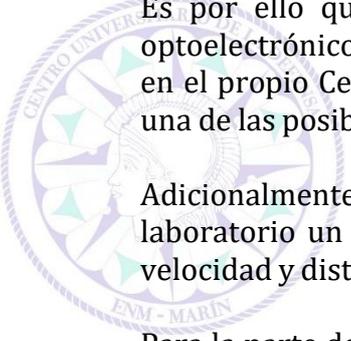
Una vez adquiridas las competencias de la asignatura en materia de sensores navales, el objetivo de este tema es el de dar a conocer al alumno los sistemas específicos utilizados en los diferentes cuerpos de la Armada (Cuerpo General e Infantería de Marina) como: radares secundarios (IFF), multifunción, LPI, cámaras termográficas, etc. Con la comprensión del funcionamiento de los sistemas existentes en su futuro entorno laboral, el alumno pondrá en práctica y aunará los conocimientos adquiridos no sólo a lo largo de la asignatura sino también a lo largo del Grado y de las materias específicas militares cursadas en paralelo.

Índice del tema

- 7.1 Radares multifunción.
- 7.2 Radar secundario (IFF, *Identification Friend or Foe*).
- 7.3 Radar de baja probabilidad de interceptación (LPI, *Low Probability of Intercept*).
- 7.4 Radar de apertura sintética (SAR, *Synthetic Aperture Radar*).

6.2. Programación: créditos prácticos

Esta asignatura cuenta con una fuerte componente práctica, dado que la comprensión y manejo de los principales sensores navales son dos competencias imprescindibles para el correcto desempeño de un oficial de Marina. Sin embargo, la naturaleza de los propios sistemas radar y sonar imposibilita la instalación de equipamiento de laboratorio real para grupos reducidos de alumnos, especialmente en el caso de sistemas radar, donde la instalación de dos o más sistemas independientes generaría múltiples problemas de compatibilidad electromagnética e interferencias, niveles de radiación, inexistencia de blancos realistas,



Es por ello que los conceptos básicos de todo sistema de teledetección (radar, sonar y optoelectrónico) se refuerzan mediante la utilización de simuladores radar y sonar generados en el propio Centro, que permiten la disposición necesaria de blancos para el análisis de cada una de las posibles situaciones de interés.

Adicionalmente, se refuerzan los conocimientos en sistemas radar con el montaje en laboratorio un radar de onda continua y frecuencia modulada, para detección de presencia, velocidad y distancia.

Para la parte de acústica submarina y sistemas sonar, los alumnos trabajarán en el laboratorio con un sistema sonar a escala, mediante tanques de baja capacidad y sondas ultrasónicas de profundidad para medición e interpretación de fondos marinos, cálculo de la velocidad de propagación, simulación a escala de potenciales problemas de detección de blancos... Se trabajará igualmente con sistemas de comunicación submarinos, donde el alumno deberá operar un módem acústico para transmitir y recibir un flujo de datos binarios, analizando posteriormente las características intrínsecas de la transmisión, así como las dificultades inherentes al medio subacuático.

A continuación, se describe el desarrollo previsto de las prácticas.

Práctica 1: Introducción a los sistemas de teledetección y sistemas radar

Duración: 2 horas.

Objetivos y desarrollo:

Esta práctica tiene como objetivo la familiarización del alumno con los conceptos básicos de todo sistema de teledetección. Mediante el uso de ejemplos y *scripts*, se procederá a ilustrar conceptos como la respuesta en tiempo de un blanco conformado por diferentes dispersores, su reflectividad con la distancia, la relación entre la resolución de un sistema, la sensibilidad y la probabilidad de detección.

Los alumnos podrán comprobar cómo determinadas técnicas comunes (integración de pulsos) contribuyen de forma efectiva a aumentar la probabilidad de detección.

Ubicación: Semana 2.

Práctica 2: Sistemas radar de onda pulsada (PW, Pulsed Wave)

Duración: 2 horas.

Objetivos y desarrollo:

El objetivo fundamental de esta práctica es que el alumno comprenda las diferencias de funcionamiento entre un sistema pulsado y uno de onda continua, así como sus diferentes aplicaciones y las limitaciones de cada uno de ellos.

Dada la imposibilidad de disponer de múltiples radares de onda pulsada para grupos reducidos de alumnos, se utilizarán simuladores que muestran el funcionamiento de ambos sistemas en diferentes casos de estudio. Habida cuenta que los principios básicos de los sistemas pulsados son similares en todos los sistemas de teledetección, los alumnos adquieren soltura en el manejo de un sistema genérico, gracias a la flexibilidad de los simuladores para la ubicación de blancos en situaciones de interés.

Se introducirá igualmente el concepto de Sección Equivalente Radar (RCS) y se simulará la respuesta radar de diferentes geometrías y tipos de blancos en función de su RCS. Se analizarán las técnicas básicas de invisibilidad o técnicas *stealth*.

Ubicación: Semana 4.

Práctica 3: Montaje y análisis de un radar de onda continua (CW, *Continuous Wave*) para detección de movimiento

Duración: 2 horas.

Objetivos y desarrollo:

Esta práctica tiene como objetivo que el alumno comprenda en profundidad el funcionamiento y arquitectura de un radar de onda continua.

Para ello, se trabajará con un radar CW sencillo, que permitirá analizar el funcionamiento Doppler de un radar, así como los diferentes tipos de modulación empleados. Mediante la realización de ejemplos con diferentes blancos, el alumno podrá comprobar los diferentes parámetros de estos sistemas y compararlos con los equivalentes en un sistema de onda pulsada, extrayendo sus propias conclusiones.

Ubicación: Semana 6.

Práctica 4: Procesado de señal radar

Duración: 2 horas.

Objetivos y desarrollo:

Esta práctica tiene como objetivo que el alumno comprenda las principales técnicas de procesado de la señal aplicables a múltiples sistemas de teledetección, entre las que se cuentan: compresión de pulsos en frecuencia y en fase, técnicas de filtrado anti-*clutter* o sistemas *MTI*, *PRF staggering*, ...

Mediante la utilización de diferentes *scripts*, el alumno podrá visualizar los efectos de cada una de las técnicas empleadas en estos sistemas, así como reforzar los conceptos fundamentales relacionados con los mismos.

Ubicación: Semana 8.

Práctica 5: Dispositivos optoelectrónicos

Duración: 2 horas.

Objetivos y desarrollo:

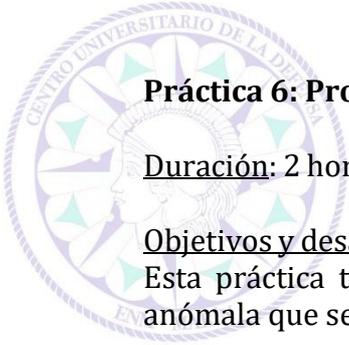
Esta práctica tiene como objetivo que el alumno se familiarice con los diferentes sensores optoelectrónicos existentes, así como con las particularidades del espectro óptico.

Para ello, se dispondrá en el laboratorio de diferentes dispositivos optoelectrónicos que el alumno deberá aprender a operar bajo diferentes circunstancias. Entre otros, se dispondrá de:

- Cámaras termográficas.
- Visores de visión nocturna.
- Telémetros LÁSER.
- Luxómetros.
- Emisores de luz LED y LÁSER.
- Sensores de luz de diferentes bandas de frecuencia (fototransistores, fotodiodos, sistemas pasivos LDR, ...).

Mediante el manejo de los mismos, el alumno deberá adquirir la capacidad de diferenciar las características y limitaciones de cada uno de estos sistemas.

Ubicación: Semana 10.



Práctica 6: Propagación acústica

Duración: 2 horas.

Objetivos y desarrollo:

Esta práctica tiene como objetivo que el alumno visualice los mecanismos de propagación anómala que se dan en el uso de sistemas de detección SONAR a larga distancia.

Para la realización de esta práctica el alumno contará con un simulador de propagación acústica, que ilustrará el comportamiento de las ondas sonoras en dominios multicapa.

El alumno analizará el comportamiento de los sistemas en diferentes condiciones (aguas cálidas y aguas frías) y las oportunidades que dichas condiciones confieren a los submarinos para permanecer indetectados. El alumno simulará el funcionamiento de varios tipos de sistemas SONAR (casco y remolcados) entendiendo las ventajas y limitaciones de cada sistema.

Ubicación: Semana 13.

Práctica 7: Ecosondas

Duración: 2 horas.

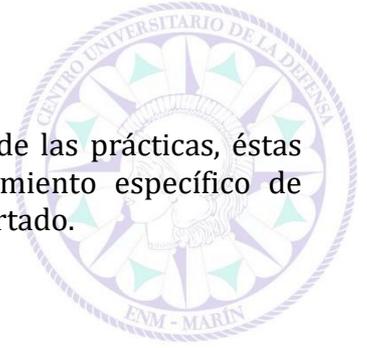
Objetivos y desarrollo:

Esta práctica tiene como objetivo ilustrar el funcionamiento de las sondas ultrasónicas de profundidad (ecosondas) y los fenómenos físicos involucrados.

Para la realización de esta práctica el alumno contará con un modelo a escala de una sonda de profundidad basada en ultrasonidos, compuesto de: un sistema de ultrasonidos, un tanque de agua de 50 litros, diferentes elementos (arena y rocas) simulando el fondo marino, modelos a escala de diferentes blancos y un ordenador en el que se visualizarán los datos procedentes de la sonda.

Con este sistema sonar a baja escala, el alumno aprenderá la operación de este tipo de equipos, así como la interpretación de los resultados proporcionados por el mismo. El alumno analizará las limitaciones del sistema, así como varios artefactos debido a los mecanismos de propagación acústica. El alumno generalizará los resultados observados a un sistema real, analizando los potenciales problemas (o ventajas) que podrían surgir.

Ubicación: Semana 14.



6.3 Recursos específicos para las prácticas propuestas

Además de los recursos bibliográficos disponibles para la realización de las prácticas, éstas requieren de software de procesamiento de señal, así como de equipamiento específico de instrumentación. Todos los elementos necesarios se detallan en este apartado.

6.3.1. Equipamiento de instrumentación

Para las prácticas de radares de onda pulsada, dispositivos optoelectrónicos y sistemas acústicos (sonar y de comunicaciones) se dispondrá del equipamiento presente en los laboratorios de instrumentación del Centro, que comprende, entre otros elementos:

- Dispositivos optoelectrónicos (cámaras termográficas, visores de visión nocturna, transmisores LED/LASER, tanto en la banda óptica del espectro visible como en la de IR, sensores optoelectrónicos, ...).
- Transductores sonar.
- Equipamiento de instrumentación de propósito general, como fuentes de alimentación, generadores de señal, osciloscopios y multímetros.

6.3.2. Software de procesamiento de señal

Para las prácticas de procesamiento de señal radar y sonar se utilizarán diferentes entornos de desarrollo (*suite* matemática *Matlab*, *Jupyter Notebook*, ...). Se proporcionarán al alumno *scripts* que, o bien deberá ejecutar y comprender el resultado obtenido, o bien deberá modificar para analizar la señal obtenida.

6.3.3. Documentación disponible

El alumnado contará con un enunciado guiado de cada una de las prácticas a realizar, en donde se detallan los conceptos a reforzar en cada sesión.

En el caso de las prácticas que requieran el uso de equipamiento de instrumentación, el alumno contará con los manuales de usuario de los equipos, así como manuales reducidos que ejemplifican el manejo básico de los mismos.

En el caso de las prácticas de sistemas optoelectrónicos y acústica submarina, se proporcionará una completa memoria que contendrá toda la información necesaria (teórica y práctica) para el correcto desarrollo y seguimiento de la práctica.



7. PLANIFICACIÓN DOCENTE

La tabla 7.1. presenta la organización del esfuerzo del alumno para cubrir los seis créditos ECTS asociados a la asignatura.

	Técnica	Actividad	Horas presenciales	Factor	Trabajo autónomo	Horas totales	ECTS
Teoría	Clases magistrales expositivas en grupos de 40 alumnos	Asimila contenidos. Preparación de problemas y trabajo en el proyecto	28	1,5	42	70	2,8
Prácticas	Trabajo práctico en laboratorio	Realización en grupo de las prácticas propuestas	14	0,5	7	21	0,84
Tutorías	Tutorías personalizadas y grupales	Recibe orientación personalizada	7	-	-	7	0,28
Otras actividades	Proyectos, tareas de evaluación y horas de refuerzo ^[1]	Exámenes, realización de proyectos, presentación de proyectos, etc.	27	-	25	52	2,08
TOTAL			76		74	150	6

^[1] Se incluyen las horas del curso intensivo que se realiza como preparación de los exámenes extraordinarios.

TABLA 7.1. Planificación del tiempo y del esfuerzo del alumno

Las tablas 7.2 y 7.3. muestran la planificación de las horas de trabajo del alumno para la parte teórica y práctica, respectivamente.

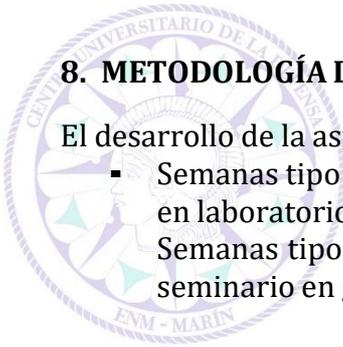


Parte teórica	Horas presenciales	Horas NO presenciales
T1: Introducción a los sensores navales	2	3
T2: Radares pulsados	5	7,5
T3: Radares de onda continua	2	3
T4: Procesado de señal	6	9
T5: Sensores optoelectrónicos	2	3
T6: Sensores acústicos y sistemas sonar	7	10,5
T7: Sistemas radar de propósito específico	4	6
Total	28	42

TABLA 7.2. Distribución temporal de los temas de teoría

Parte práctica	Horas presenciales	Horas NO presenciales
P1: Introducción a los sistemas de teledetección y sistemas radar	2	1
P2: Sistemas radar de onda pulsada	2	1
P3: Montaje y análisis de un radar de onda continua para detección de movimiento	2	1
P4: Procesado de señal radar	2	1
P5: Dispositivos optoelectrónicos	2	1
P6: Propagación acústica	2	1
P7: Ecosondas	2	1
Total	14	7

TABLA 7.3. Distribución temporal de las prácticas



8. METODOLOGÍA DOCENTE

El desarrollo de la asignatura se estructura de la siguiente manera:

- **Semanas tipo A:** Sesiones de dos/tres horas de teoría en el aula y dos horas de prácticas en laboratorio.
- Semanas tipo B:** Sesiones de dos/tres horas de teoría en el aula y una hora de seminario en grupos reducidos.

8.1. Clases de aula

Sesión magistral.

En estas sesiones, se explicarán detalladamente los contenidos teóricos básicos del programa, exponiendo ejemplos aclaratorios con los que profundizar en la comprensión de la materia.

Se utilizará la pizarra y presentaciones informáticas y/o animaciones para transmitir información multimedia, como animaciones, gráficos, fotografías, etc. En caso de utilizar transparencias, se proporcionará una copia a los alumnos con anterioridad a la exposición. Las reproducciones en papel de las transparencias nunca deben ser consideradas como sustitutos de las explicaciones en el aula, sino que deberán tratarse como material complementario de apoyo.

8.2. Clases de laboratorio

Sesión magistral.

A veces, será necesario explicar en el laboratorio determinados conceptos prácticos suministrando consejos útiles para el mejor aprovechamiento de las clases prácticas.

Prácticas de laboratorio.

Las prácticas de laboratorio están dirigidas a afianzar los conceptos teóricos abordados en las sesiones en el aula. El método didáctico a seguir en la impartición de las clases prácticas consiste en que el profesor tutela el trabajo que realizan los diversos grupos en los que se divide el alumnado.

En las clases prácticas se utilizarán los medios disponibles en el laboratorio del Centro, y en las que el alumno debe tener en cuenta las siguientes directivas de obligado cumplimiento:

- Las sesiones prácticas son obligatorias.
- **En caso de ausencias justificadas, el alumno podrá recuperar prácticas puntuales, presentando la documentación que acredite de forma correcta dicha falta.**
- **No existe la posibilidad de recuperar las prácticas en caso de suspenderlas.**



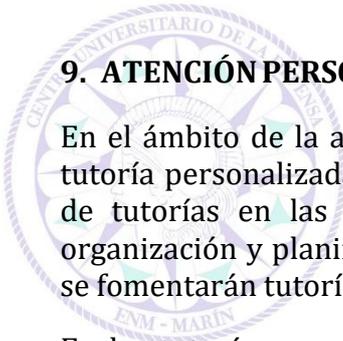
8.3. Seminarios

Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma.

Dado que la acción tutorial se afronta como una actuación de apoyo grupal al proceso de aprendizaje del alumno, las tutorías se realizarán preferentemente en seminarios y bajo el formato de reuniones en pequeños grupos. En ellas se realizarán actividades de refuerzo al aprendizaje mediante la resolución tutelada de supuestos prácticos vinculados a los contenidos teóricos de la asignatura.

Se muestran, a continuación, estas metodologías de aprendizaje vinculadas a los resultados previstos de la materia y a las competencias que se trabajan con cada una de ellas.

RESULTADOS PREVISTOS DE LA MATERIA	COMPETENCIAS VINCULADAS	METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE
Conocer la base tecnológica sobre la que se apoyan los sensores navales.	CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30), CT1 (D1), CT5 (D5), CT10 (D10)	Sesión magistral Estudio de casos/análisis de situaciones Prácticas de laboratorio tuteladas Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma
Comprender el funcionamiento básico de los sensores navales.	CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30), CT1 (D1), CT2 (D2), CT8 (D8), CT9 (D9), CT10 (D10), CT16 (D16)	Sesión magistral Estudio de casos/análisis de situaciones Prácticas de laboratorio tuteladas Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma



9. ATENCIÓN PERSONALIZADA

En el ámbito de la acción tutorial, se distinguen acciones de tutoría académica, así como de tutoría personalizada. En el primero de los casos, el alumnado tendrá a su disposición horas de tutorías en las que puede consultar cualquier duda relacionada con los contenidos, organización y planificación de la materia, etc. Las tutorías pueden ser individualizadas, pero se fomentarán tutorías grupales para la resolución de problemas.

En las tutorías personalizadas, cada alumno, de manera individual, podrá comentar con el profesor cualquier problema que le esté impidiendo realizar un seguimiento adecuado de la materia, con el fin de encontrar entre ambos algún tipo de solución.

Conjugando ambos tipos de acción tutorial, se pretenden compensar los diferentes ritmos de aprendizaje mediante la atención a la diversidad.

Los profesores de la asignatura atenderán personalmente las dudas y consultas de los alumnos, tanto de forma presencial, según el horario que se publicará en la página web del centro, como a través de medios telemáticos (Moovi, correo electrónico, videoconferencia, etc.) bajo la modalidad de cita previa.

10. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

En este apartado se exponen los criterios de evaluación y calificación del alumno propuestos para esta asignatura. Dadas las peculiaridades del Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar, donde se impartirá esta asignatura, y teniendo en cuenta que los alumnos se hallan en régimen de internado, únicamente se proponen criterios de evaluación para asistentes.

El alumno dispondrá de tres oportunidades para aprobar la asignatura: la evaluación continua y el examen ordinario de la convocatoria ordinaria (primera convocatoria), y la convocatoria extraordinaria (segunda convocatoria). Se empleará siempre un sistema de calificación numérica con valores de 0,0 a 10,0 puntos según la legislación vigente (R.D. 1125/2003 de 5 de septiembre, B.O.E. nº 224 de 18 de septiembre).

10.1. Primera convocatoria

En la primera convocatoria (evaluación continua y evaluación ordinaria) se mantendrá la siguiente ponderación entre los conocimientos teóricos y prácticos:

- Conocimientos de teoría (T): 80%
- Prácticas (L): 20%

10.1.1. Evaluación continua

La nota de evaluación continua (NEC) se evaluará siguiendo los criterios mostrado en la tabla 10.1.

	PRUEBA	PORCENTAJE	NOTA MÍNIMA
TEORÍA 80%	Examen parcial	30%	-
	Proyecto multimedia	10%	-
	Examen final	40%	4.0
PRÁCTICAS 20%	Examen prácticas 1	10%	4.0
	Examen prácticas 2	10%	

TABLA 10.1. Ponderaciones para el cálculo de la nota de evaluación continua (NEC)

Donde:

- **Examen parcial:**
 - Peso total: 30% de NEC.
 - Prueba única, de entre 1 hora y 1 hora y media de duración.
 - Realización individual.
 - Se puntúa sobre 10 puntos.
 - Puede tener la forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respuestas cortas, resolución de problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - No hay nota mínima.



- **Proyecto multimedia:**
 - Peso total: 10% de NEC.
 - Grabación de un video sobre un experimento realizado por el alumno y relacionado con la materia impartida en la asignatura.
 - Máximo 3 minutos de duración.
 - Individual o en grupos de dos alumnos.
 - Se puntúa sobre 10 puntos.

- **Examen final:**
 - Peso total: 40% de NEC.
 - Prueba única, de 2 a 3 horas de duración, a realizar en las fechas de evaluación.
 - Realización individual.
 - Puntúa sobre 10 puntos.
 - Puede tener la forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respuestas cortas, resolución de problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - **Se exige una nota mínima de 4.0 puntos sobre 10 para superar la asignatura.**

- **Evaluación de las prácticas:**
 - Peso total: 20% de NEC.
 - Dos pruebas de un 10%, que evalúan los contenidos adquiridos en prácticas.
 - Realización individual.
 - De 10 a 20 minutos de duración, durante la realización de dos prácticas.
 - Cada una de ellas puntúa sobre 10 puntos.
 - Pueden tener la forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respuestas cortas, resolución de problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - **Se exige una nota mínima de 4.0 puntos sobre 10 en el total del 20% destinado a evaluar las prácticas.**

Nota final y requisitos mínimos para superar la asignatura mediante evaluación continua:

Para asegurar que el alumno ha adquirido las destrezas mínimas en cada uno de los aspectos de la asignatura se exigirá a los alumnos que alcancen **una nota mínima de 4.0 sobre 10, tanto en el 20% de prácticas como en el examen final de evaluación continua (40%).**

El alumno superará la asignatura cuando, habiendo superado ambos mínimos de forma simultánea, el cómputo de la nota total de evaluación continua (NEC) sea igual o superior a 5.0 puntos sobre 10.

$$NEC = 0.8 \cdot T + 0.2 \cdot L$$

En caso de que no se llegue a la nota mínima exigida en alguna de las partes (T y/o L), la nota final de evaluación continua se calculará como:

$$NEC = \min(4.0, NEC)$$

El alumno que no supere la asignatura en evaluación continua deberá presentarse al examen ordinario.

10.1.2. Examen ordinario

La nota final del examen ordinario (NEO) se distribuye de forma idéntica a lo establecido en evaluación continua. La tabla 10.2 resume la metodología de evaluación:

	PRUEBA	PORCENTAJE	NOTA MÍNIMA
TEORÍA (80%)	Examen ordinario teórico	80%	4.0
PRÁCTICAS (20%)	Examen ordinario práctico	20%	4.0

TABLA 10.2. Ponderaciones para el cálculo de la nota del examen ordinario (NEO)

Donde:

- **Examen ordinario teórico (T) (80%):**
 - Evaluación de los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la asignatura.
 - Examen de 2 a 3 horas de duración, a realizar en las fechas de evaluación.
 - Se puntúa sobre 10 puntos.
 - La realización es individual.
 - Puede tener la forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respuestas cortas, resolución de problemas o alguna combinación de las anteriores.
- **Examen ordinario práctico (L) (20%):**
 - Evaluación de los conocimientos prácticos adquiridos a lo largo de la asignatura.
 - Examen de 15-30 minutos de duración, a realizar en las mismas fechas que el examen ordinario teórico.
 - Se puntúa sobre 10 puntos.
 - Puede tener la forma de cuestionario tipo test, cuestionario de respuestas cortas, resolución de problemas o alguna combinación de las anteriores.

Nota final y requisitos mínimos para superar la asignatura en convocatoria ordinaria: la nota final del examen ordinario (NEO) se calcula con la siguiente fórmula:

$$NEO = 0.8 \cdot T + 0.2 \cdot L$$

Siendo necesario llegar a una nota mínima de 4.0 puntos sobre 10 en cada una de las dos partes y a una nota igual o superior a 5.0 puntos sobre 10 en el cómputo de la NEO, para poder aprobar la asignatura.

Para los alumnos que no lleguen al mínimo en alguna de las dos partes, la nota se computará como:

$$NEO = \min (4.0, NEO)$$

Finalmente, la nota de la **primera convocatoria** se computará como el máximo entre la nota de evaluación continua (NEC) y la nota del examen ordinario (NEO):

$$NPC = \max (NEC, NEO)$$

El alumno que no supere la asignatura en primera convocatoria debe presentarse a la convocatoria extraordinaria.

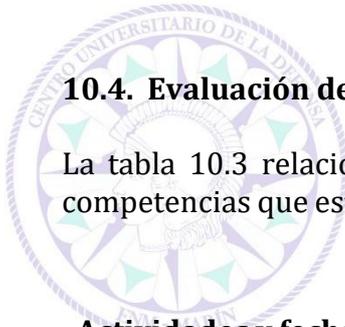
10.2. Convocatoria extraordinaria

Se realizará un examen extraordinario para aquellos alumnos que no hayan superado la materia en el examen ordinario. En dicho examen se mantendrá la misma estructura, duración, ponderaciones y mínimos requeridos que en la convocatoria ordinaria, descrita en la sección 10.1.2

10.3. Integridad académica

Se espera que el alumnado tenga un comportamiento ético adecuado, comprometiéndose a actuar con honestidad. En base al artículo 42.1 del *Reglamento sobre la evaluación, la calificación y la calidad de la docencia y del proceso de aprendizaje del estudiantado de la Universidad de Vigo*, así como del punto 6 de la norma quinta de la *Orden DEF/711/2022, de 18 de julio, por la que se establecen las normas de evaluación, progreso y permanencia en los centros docentes militares de formación para la incorporación a las escalas de las Fuerzas Armadas*, **la utilización de procedimientos fraudulentos en pruebas de evaluación, así como la cooperación en ellos implicará la cualificación de cero (suspense) en el acta de la convocatoria correspondiente**, con independencia del valor que sobre la calificación global tuviese la prueba en cuestión y sin perjuicio de las posibles consecuencias de índole disciplinaria que puedan producirse.

En la realización de las actividades académicas de esta materia **se permite el empleo de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAG), usadas de forma ética, crítica y responsable**. En caso de haber utilizado IAG, se debe evaluar críticamente cualquier resultado que proporcione, verificar cuidadosamente cualquier cita o referencia generada y declarar el uso de las herramientas utilizadas. No es necesario declarar el uso de IAG en tareas que no producen contenido (revisión de lenguaje – ortográfica o gramatical – en un documento, traducción de texto, obtención de sugerencias para reorganizar contenido o modificar estilo de un documento o adaptar el formato de referencias bibliográficas). Cuando se deba referenciar contenido producido por IAG (texto, imágenes, etc.), se especificarán, al menos, los siguientes elementos: contenido generado, *prompt* empleado en la consulta, herramienta utilizada, versión, compañía autora del software, fecha en que se realizó la consulta y enlace al sitio web de la herramienta. **La detección de una situación de no declaración de uso de IAG será considerada como fraude académico y se aplicarán las medidas descritas en el párrafo anterior.**



10.4. Evaluación de los resultados de formación y aprendizaje asociados a la asignatura

La tabla 10.3 relaciona cada uno de los elementos de evaluación de la asignatura con las competencias que están siendo evaluadas.

Actividades y fechas aproximadas de evaluación

Competencias a evaluar

A1 Prueba para evaluar los conocimientos teóricos adquiridos en los temas 1 a 2 (fecha aproximada: semana 6 del cuatrimestre) (30%).

**CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30),
CT1 (D1), CT2 (D2), CT5 (D5),
CT8 (D8), CT9 (D9),
CT10 (D10), CT16 (D16)**

A2 Prueba para evaluar los conocimientos prácticos adquiridos sobre sistemas radar (fecha aproximada: semana 8) (10%).

**CITN5/OPT1 (C30),
CT1 (D1), CT2 (D2), CT5 (D5),
CT8 (D8), CT9 (D9), CT16
(D16)**

A3 Entrega y evaluación del proyecto multimedia (vídeo demostrativo) ejecutando un experimento sencillo relacionado con los contenidos de la asignatura (fecha aproximada: semana 13) (10%).

**CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30),
CT1 (D1), CT2 (D2), CT9 (D9),
CT10 (D10)**

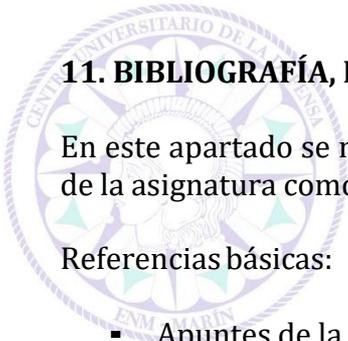
A4 Prueba para evaluar los conocimientos prácticos adquiridos sobre sistemas optoelectrónicos y sonar (fecha aproximada: semana 14) (10%).

**CITN5/OPT1 (C30),
CT1 (D1), CT2 (D2), CT5 (D5),
CT8 (D8), CT9 (D9), CT16
(D16)**

A5 Prueba escrita para evaluar los conocimientos adquiridos en el global de la asignatura (fecha: semana oficial de evaluación del centro, a la finalización del cuatrimestre) (40%).

**CG3 (B3), CITN5/OPT1 (C30),
CT1 (D1), CT2 (D2), CT5 (D5),
CT8 (D8), CT9 (D9), CT10 (D10),
CT16 (D16)**

TABLA 10.3. Evaluación de las competencias asociadas a la asignatura



11. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN BÁSICOS Y COMPLEMENTARIOS

En este apartado se resume la bibliografía recomendada al alumno, tanto para el seguimiento de la asignatura como para profundizar en determinados temas.

Referencias básicas:

- Apuntes de la asignatura.
- Curry, G. Richard, *“Radar Essentials. A concise handbook for radar design and performance analysis”*, Scitech Publishing Inc., 2012.
- Denny M., *“Blip, Ping & Buzz. Making sense of radar and sonar”*, The Johns Hopkins University Press, 2007.
- Skolnik, Merrill I., *“Introduction to Radar Systems”*, McGraw-Hill, 2003.
- Marage J., Mori Y., *“Sonars and Underwater acoustics”*, Wiley, 2010.

Referencias complementarias:

- Eaves J., Reedy E., *“Principles of Modern Radar”*, Springer, 2011.
- Mahafza B. R., *“Radar systems analysis and design using Matlab”*, 3a Edición, CRC Press, 2013.

Toda la información relacionada con la asignatura (presentaciones, guiones de prácticas, boletines de problemas y documentación asociada) estará disponible a través de la plataforma de teledocencia de la Universidad de Vigo (<https://moovi.uvigo.gal>)

12. RECOMENDACIONES AL ALUMNO

Se recomienda al alumnado haber cursado las materias de Física II, Fundamentos de Electrotecnia, Tecnología Electrónica y Sistemas de Radiocomunicaciones.

13. CRONOGRAMAS DE TODAS LAS ACTIVIDADES DOCENTES



		DOCENCIA TEORÍA			DOCENCIA PRÁCTICAS			DOCENCIA SEMINARIOS			PRUEBAS EVALUACIÓN CONTINUA	
SEMANA	1	2	horas	T1				1	hora	T1		
SEMANA	2	2	horas		2	horas	T1-T2					
SEMANA	3	2	horas	T2				1	hora	T2		
SEMANA	4	1	hora	T3	2	horas	T2					
		1	hora									
SEMANA	5	1	hora	T3				1	hora	T2		
		2	horas	T4								
SEMANA	6	2	horas	T4	2	horas	T3				EX. PARCIAL 30%	
SEMANA	7	2	horas	T4				1	hora	T3		
SEMANA	8	2	horas	T5	2	horas	T4				EX. PRÁCTICAS 1 10%	
SEMANA	9	2	horas	T6				1	hora	T4		
SEMANA	10	2	horas	T6	2	horas	T5					
SEMANA	11	3	horas	T6				1	hora	T5		
SEMANA	12											
SEMANA	13	2	horas	T7	2	horas	T6				ENTREGA VÍDEO 10%	
SEMANA	14	2	horas	T7	2	horas	T7	1	hora	T6	EX. PRÁCTICAS 2 10%	
SEMANA	15										EXAMEN FINAL EVALCON 40%	

TABLA 13.1. Cronograma de las actividades docentes

Este cronograma de actividades docentes es orientativo.

A lo largo del cuatrimestre se seguirán una serie de mecanismos de control y seguimiento que permitan evaluar la adecuación del esquema temporal de la asignatura que se acaba de presentar a la marcha real del curso. Se realizará un control semanal del esquema temporal prefijado y se tomarán decisiones de acuerdo con los resultados obtenidos.

Tras la impartición de la asignatura, los profesores analizarán cómo se ha desarrollado la misma, y en caso de que sea necesario, se modificará la Guía Docente de la asignatura para el próximo curso teniendo en cuenta las conclusiones alcanzadas.